

# **PENGARUH KOREKSI RADIOMETRI TERHADAP AKURASI INDEKS VEGETASI DALAM ESTIMASI BIOMASSA DI ATAS PERMUKAAN TANAH PADA TOPOGRAFI BERGUNUNG WILAYAH GUNUNG API LAWU**

Ridho Kurniawan

[ridho.kurniawan@mail.ugm.ac.id](mailto:ridho.kurniawan@mail.ugm.ac.id)

Projo Danoedoro

[projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id](mailto:projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id)

## **Abstract**

*Accurate remote sensing data is important information biomass calculations. Pretreatment of remote sensing data is needed before data is processed and analyzed quantitatively more so it gets processed accurately, because the recording image is influenced by various factors such as atmospheric disturbances and topography. This research seeks to prove that the correction radiometric level topography can improve the accuracy of calculation of Biomass stand by comparing the modeling results before and after topographic correction. Modelling done starting from DN, radiance at sensors, reflectance at sensor, atmospheric correction (DOS1), and C topography correction, Minnaert, SCS + C, Minnaert + SCS, and VECA. The results showed that the correction topography significant effect on each channel's image, while the modeling of biomass, correction topography has no influence accuracy values significant for the vegetation index ratio (NDVI and RVI) and semi-ratio (ARVI), but has an influence on the vegetation index of non - ratio (SAVI and EVI) despite increased accuracy ranges from 3.5% of 5% of the initial hypothesis.*

*Keywords: Biomass, Vegetation Index, Topographic Correction*

## **Abstrak**

*Data penginderaan jauh yang akurat merupakan informasi penting perhitungan biomassa. Prapengolahan data penginderaan jauh dibutuhkan sebelum data diolah dan dianalisis secara kuantitatif lebih lanjut sehingga mendapatkan hasil olahan yang akurat, karena perekaman citra dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya gangguan atmosfer dan pengaruh topografi. Penelitian ini berusaha membuktikan bahwa koreksi radiometri level topografi dapat meningkatkan akurasi perhitungan biomassa tegakan dengan membandingkan hasil pemodelan sebelum dikoreksi dan sesudah dikoreksi topografi. Pemodelan dilakukan mulai dari DN, rediance at sensor, reflectance at sensor, koreksi atmosferik (DOS1), dan koreksi topografi C, Minnaert, SCS + C, Minnaert + SCS, dan VECA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koreksi topografi berpengaruh signifikan terhadap setiap saluran citra, sedangkan pemodelan biomassa, koreksi topografi tidak memiliki pengaruh yang nilai akurasi signifikan untuk indeks vegetasi rasio (NDVI dan RVI) dan semi-rasio (ARVI), tetapi memiliki pengaruh terhadap indeks vegetasi non – rasio (SAVI dan EVI) meskipun mengalami kenaikan akurasi berkisar 3,5% dari hipotesis awal 5%.*

*Kata Kunci : Biomassa, Indeks Vegetasi, Koreksi Topografi*

## PENDAHULUAN

Hutan memiliki peran penting dalam peyerapan dan penyimpanan karbon (carbon sink). Hutan berinteraksi dengan CO<sub>2</sub> melalui biogeokimia pada siklus karbon. Siklus karbon dapat dipahami bahwa CO<sub>2</sub> yang ada di atmosfer terserap oleh biomassa hutan untuk kegiatan fotosintesis sehingga karbon tersimpan dalam bentuk karbon organik (karbohidrat) yang proporsinya disimpan dan diakumulasikan oleh tumbuhan sebagai biomassa tumbuhan seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan bagian tumbuhan lain. Sutaryo (2009) menyebutkan dari keseluruhan karbon hutan 50 % tersimpan pada vegetasi hutan yang termasuk dalam jenis karbon terestrial. Salah satu bagian yang memiliki volume biomassa yang paling tinggi dalam hutan adalah biomassa tegakan di atas permukaan tanah mencapai 50 %.

Data penginderaan jauh sejak tahun 1960an telah digunakan untuk menyadap informasi dan melakukan pemodelan biofisik vegetasi (Jensen, 2013). Struktur kanopi vegetasi pada hutan berdasarkan Rock et al dalam Lee dan Nakane (2008) memiliki hubungan dengan parameter vegetasi lainnya seperti biomassa dan umur vegetasi. Hal tersebut terkait dengan kemampuan data penginderaan jauh mengambil informasi nilai spektral dari objek dan mengubahnya ke dalam informasi baru berupa indeks vegetasi.

Data penginderaan jauh yang akurat merupakan informasi penting

sebagai syarat komponen dasar perhitungan karbon hutan dalam kegiatan penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor lahan. Prapengolahan data penginderaan jauh dibutuhkan sebelum data diolah dan dianalisis secara kuantitatif lebih lanjut sehingga mendapatkan hasil olahan yang akurat dan benar. Jensen (1996) ; Peddle et al. (2003) menyebutkan bahwa data asli penginderaan jauh atau raw data yang didapatkan oleh sensor berisi kesalahan yang menjadi karakter data penginderaan jauh yaitu kesalahan intrinsik berkaitan dengan sensor dan wahana perekam data penginderaan jauh yang secara umum bersifat sistematis dan konstan sedangkan kesalahan ekstrinsik merupakan kesalahan yang bersumber dari berbagai variabel di alam dan bersifat non sistematis.

Salah satu kesalahan dalam ekstraksi data penginderaan jauh adalah kesalahan pada hasil perekaman nilai spektral atau kesalahan pada aspek radiometri. Kesalahan radiometri merupakan kesalahan yang bersifat ekstrinsik yang dipengaruhi oleh variabel yang ada di alam seperti gangguan atmosfer dan variasi topografi. Gangguan atmosfer memberikan dampak pada nilai pantulan spektral karena energi radiansi matahari berinteraksi dengan berbagai macam gas, uap air, dan partikel yang terkandung pada atmosfer. Gangguan tersebut berupa hamburan, serapan, dan pembiasan oleh atmosfer (Jensen, 2013; Lillesand dan Kiefer, 2009). Selain itu, Kondisi permukaan bumi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai pantulan

spektral karena pada medan bergunung masalah yang ada lebih kompleks (Hugli dan Frei, 1983). Efek topografi memberikan peran penting pada banyaknya energi yang diterima oleh permukaan bumi maupun sensor. Hal tersebut menyebabkan objek yang memiliki nilai spektral sama dapat menjadi berbeda dan sebaliknya. Arah hadap lereng memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai pantulan spektral (Hugli dan Frei, 1983; Jensen, 1996). Selain itu, menurut Dymond (1999) kemiringan lereng juga berdampak pada nilai radiansi yang dihasilkan oleh sensor. Perubahan pada kemiringan lereng merubah sudut datang dan sudut pantul dari matahari sehingga energi yang terekam pada citra mengalami perubahan.

Menurut Pedle et al. (2008) data yang masih dalam bentuk asli atau *raw data* tidak sesuai untuk ekstraksi informasi terkait aplikasi dalam kajian hutan. Lebih lanjut lagi, informasi indeks vegetasi secara spektral tergantung dari cara pendefinisian indeks vegetasi tersebut. Indeks vegetasi yang didefinisikan oleh nilai piksel (nilai digital), radiansi TOA (*Top of Atmospheric*), reflektansi TOA, hasil koreksi atmosferik, maupun hasil koreksi topografi memiliki informasi yang berbeda-beda. Asumsi yang digunakan adalah semakin presisi pengukuran nilai pantulan spektral maka semakin baik dalam melakukan prediksi variabel biofisik vegetasi.

Koreksi radiometri dalam penelitian ini hanya sampai koreksi topografi. Berbagai koreksi topografi sudah dikembangkan untuk

normalisasi variasi topografi permukaan yang kompleks. Koreksi topografi dibagi menjadi dua yaitu model lambertian dan model non-lambertian (Smith dalam Mather, 2009). Koreksi non-lambertian yang digunakan dalam penelitian ini adalah STS (*Sun-Terrain-Sensor*): koreksi C dan Minnaert; koreksi SCS (*Sun-Canopy-Sensor*):  $SCS + C$  dan Minnaert + SCS. Selain itu, terdapat koreksi topografi empirik statistik yang sederhana dan mudah dioperasikan yaitu VECA (*Variable Empirical Coefficient Algorithm*).

Setiap level koreksi mendefinisikan informasi yang berbeda sehingga dibutuhkan uji akurasi setiap level koreksi. Secara umum pengurangan variansi pada masing – masing saluran citra merupakan metode yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi contohnya penelitian Gao dan Zhang (2009) dan Riano et al. (2003). Asumsi metode statistik ini adalah citra yang telah terkoreksi akan memiliki nilai pantulan spektral yang sama pada arah hadap lereng yang berbeda jika objek sama.

Uji akurasi lain menurut, Ediriweera et al. (2013) adalah dengan secara langsung membandingkan dampak level koreksi terhadap akurasi estimasi variabel biofisik contohnya tutupan vegetasi karena efek topografi tidak hanya mengubah intensitas pencahayaan medan tetapi juga merubah muatan biofisik vegetasi. Penelitian ini menggunakan parameter biofisik yang diturunkan melalui tutupan vegetasi yaitu biomassa tegakan di atas permukaan tanah. Uji

akurasi dilakukan dengan mengintegrasikan produk data penginderaan jauh (indeks vegetasi) dan data lapangan melalui pengukuran alometri.

Berdasarkan penelitian – penelitian terdahulu pada hanya menggunakan analisis statistik citra dan menunjukkan bahwa pengaruh topografi mampu mengurangi pengaruh koreksi topografi secara signifikan. Penelitian ini mengambil sebuah hipotesis bahwa koreksi topografi mampu meningkatkan nilai akurasi uji akurasi secara signifikan yang dalam penelitian ini dibatasi sebesar 5%.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 path/row 119/65 tanggal perekaman 23 Juni 2015 dan menggunakan peta Topografi AMS (Army Map Service) : lembar 50/XLII – A dan lembar 50/XLI – C sebagai pembentuk data DEM. Secara umum daerah kajian terletak pada ketinggian 748 mdpal hingga 3264 mdpal pada Gunung Lawu, sedangkan 748 mdpal hingga 2240 mdpal pada Gunung Djibolarangan.

Pemodelan dilakukan mulai dari DN, *radiance at sensor*, *reflectance at sensor*, koreksi atmosferik (DOS1), dan koreksi topografi C, Minnaert, SCS + C, Minnaert + SCS, dan VECA. Pertama adalah Koreksi Radiansi (DN menjadi at-sensor radiance). Radiansi spektral ( $L_{\lambda}$ ) pada sensor diukur dalam  $W/(m^2 \cdot ster \cdot \mu m)$ . Berikut adalah formula untuk

menghitung radiansi spektral Landsat 8 :

$$L_{\lambda} = ML * Q_{cat} + AL$$

ML = Band-specific multiplicative rescaling factor, AL = Band-specific additive rescaling factor,  $Q_{cat}$  = Nilai Dijital (DN). Berikutnya adalah formula *at sensor reflectance* tanpa memertimbangkan faktor atmosfer :

$$\rho_p = (\pi * L_{\lambda} * d^2) / (ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s)$$

$\rho_p$  = pantulan pada sensor,  $L_{\lambda}$  = radiansi spektral,  $d$  = jarak bumi-matahari satuan astronomi,  $ESUN_{\lambda}$  = Mean solar exo-atmospheric irradiances,  $\theta_s$  = sudut zenit matahari dalam derajat ( $^{\circ}$ ), yang sama dengan,  $\theta_s = 90^{\circ} - \theta_e$ , dimana  $\theta_e$  adalah Sun elevation. Koreksi atmosfer yang digunakan dalam penelitian ini adalah DOS 1, berikut adalah formulanya :

$$\rho = [\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2] / [T_v * ((ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s * T_z) + E_{down})]$$

$L_p$  = the path radiance,  $T_v$  = the atmospheric transmittance in the viewing direction,  $T_z$  = the atmospheric transmittance in the illumination direction,  $E_{down}$  = the downwelling diffuse irradiance.

Langkah pertama untuk memodelkan koreksi topografi adalah menghitung *incident angle* (sudut antara radiansi matahari dan normal permukaan lokal) melalui persamaan :

$$\cos i = \cos \theta_s * \cos S + \sin \theta_s * \sin S * \cos(\varphi_s - A)$$

dimana,  $i$  = solar incident angle,  $\theta_s$  = sudut zenit matahari,  $S$  = kemiringan lereng,  $\varphi_s$  = sudut azimuth matahari, dan  $A$  = aspek (arah hadap lereng).

Penelitian ini menggunakan lima metode koreksi topografi yaitu C, SCS+C, Minnaert, Minnaert + SCS, dan VECA. Koefisien C, Metode koreksi C dan SCS + C, dikalkulasikan melalui regresi linier antara pantulan sebelum dikoreksi topografi ( $\rho$ ) dan solar incident angle ( $i$ ) :

$$\rho = a + b \cos i$$

Persamaan regresi  $a + b \cos i$  merupakan koefisien pembagi  $\rho^-$  (nilai rata – rata  $\rho$ ), sedangkan C dapat dicari menggunakan persamaan,

$$C = a/b$$

Metode koreksi Minnaert dan Minnaert + SCS memiliki koefisien  $k$  yang mempresentasikan model pantulan non-Lambertian yang memiliki rentang nilai 0 – 1. Koefisien  $k$  tergantung dari penutup lahan dan saluran citra, dan dapat dihitung menggunakan regresi linier yang diubah kedalam bentuk logaritmik, sehingga bentuknya adalah

$$\log(L * \cos e) = k * \log(\cos i * \cos e) + \log L_n$$

dimana,  $L$  adalah radiansi sebelum koreksi atau dapat berupa  $\rho$  pantulan

pada permukaan miring,  $e$  dapat disamakan dengan  $S$  yaitu kemiringan lereng karena Landsat 8 memiliki sudut perekaman yang sempit. Koefisien  $k$  adalah slope hasil regresi linier yang diperoleh dari  $\log(\cos i * \cos e)$  pada sumbu  $x$  dan  $\log(L * \cos e)$  pada sumbu  $y$ .

Tabel 1. Koreksi topografi

| Sumber               | Koreksi Topografi       | Persamaan  |
|----------------------|-------------------------|--|
| Teillet (1982)       | Koreksi C               | $\rho_h = \rho \frac{\cos \theta_s + c}{\cos i + c}$ (20)          |
| Soenen et al. (2005) | sun-canopy-sensor (SCS) | $\rho_h = \rho \frac{\cos \theta_s + \cos S + c}{\cos i + c}$ (21) |
| Smith et al. (1980)* | Minnaert                | $\rho_h = \rho \frac{\cos e}{\cos^k \theta_s \cos S}$ (22)         |
| Reeder (2002)*       | Minnaert SCS            | $\rho_h = \rho \frac{\cos^k \theta_s \cos S}{\cos^k i}$ (23)       |
| Gao dan Zhang (2013) | VECA                    | $\rho_h = \rho \frac{\bar{\rho}}{b_i \cos i + a}$ (24)             |

Hasil setiap saluran yang sudah terkoreksi akan dimasukkan pada persamaan indeks vegetasi. Terdapat lima indeks vegetasi yang digunakan yang mempertimbangkan berbagai gangguan tanah maupun atmosfer.

Tabel 2. Indeks Vegetasi

| Indeks Vegetasi | Algoritma  |
|-----------------|--|
| RVI             | $\frac{\rho_{nir}}{\rho_r}$ (26)   |
| NDVI            | $\frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r}$ (27)   |
| SAVI            | $\frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r + L} * (1 + L)$ (28)   |
| ARVI            | $\frac{\rho_{nir} - \rho_{rb}}{\rho_{nir} + \rho_{rb}}$<br>$\rho_{rb} = \rho_r - \gamma(\rho_b - \rho_r)$ (29) |
| EVI             | $G \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + C1\rho_r - C2\rho_b + L}$ (30)                                      |

Pembuatan model biomassa membutuhkan informasi diameter pohon yang kemudian akan digunakan bersama dengan indeks vegetasi untuk membangun model biomassa. Metode alometri digunakan untuk mengukur biomassa lapangan. Berikut adalah formulanya :

$$Y = 42.69 - 12.800(D) + 1.242(D^2)$$

Dimana Y adalah biomassa dan D adalah diameter batang setinggi 1,3 m.

Terdapat beberapa cara dalam menilai hasil kualitas koreksi pada saluran tunggal citra (Gao, 2009). Cara tersebut dapat berupa perbandingan secara visual maupun analisis statistik. Analisis secara visual dilakukan dengan diagram pencar (scatter plot) dan penyesuaian garis dari pantulan  $\rho$  dan  $\cos i$ . Analisis statistik menggunakan persamaan regresi pantulan  $\rho$  dan  $\cos i$  untuk menentukan slope  $m$  dan koefisien korelasi  $r$ .

Uji akurasi menggunakan standart error of estimate yang kemudian diubah kedalam bentuk persen (Wicaksono, 2011) seperti pada tabel 3. Di bawah.

Tabel 4. Uji Akurasi

| Akurasi                    | Algoritma   |
|----------------------------|---|
| Nilai akurasi maksimum     | 100 – Nilai SE minimum                                |
| Nilai akurasi minimum      | 100 – Nilai SE maksimum                               |
| Nilai SE minimum           | $\frac{Nilai\ SE}{Nilai\ Bottom}$                     |
| Nilai SE maksimum          | $\frac{Nilai\ SE}{Nilai\ Upper}$                      |
| Nilai Upper                | Mean data lapangan + CL95%                            |
| Nilai Bottom               | Mean data lapangan – CL95%                            |
| Konfiden level 95% (CL95%) | Nilai konfiden level sesuai jumlah uji sampel akurasi |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil koreksi pada setiap saluran citra yang telah terkoreksi dan belum terkoreksi topografi para peneliti sebelumnya menggunakan analisis statistik pada piksel citra. Berdasarkan Holben dan Justice (1980), nilai piksel citra memiliki korelasi yang tinggi dengan cosinus incident angle matahari pada wilayah yang memiliki topografi bervariasi, dan koreksi topografi yang berhasil seharusnya mampu mengurangi atau memperlemah hubungan antara nilai

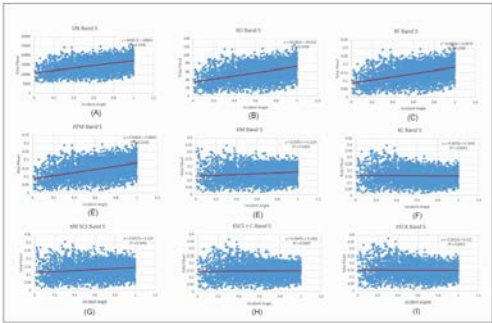
piksel citra dengan cosinus incident angle. Analisis statistiknya dapat diperoleh dari regresi antara nilai piksel citra (terkoreksi dan belum terkoreksi topografi) dengan cosinus incident angle.

Tabel 5. . Korelasi (r) antara incident angle dan DN, At sensor radiance, At sensor reflectance, Atmosferik, dan Koreksi Topografi

| Model                 | statistik | band1   | band2  | band3   | band4   | band5   | band6   | band7   |
|-----------------------|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DN                    | slope m   | 238.86  | 327.81 | 825.98  | 690.36  | 6460.3  | 3228.7  | 1472.1  |
|                       | r         | 0.1229  | 0.4667 | 0.5217  | 0.4815  | 0.4494  | 0.5061  | 0.4914  |
| At sensor radiance    | slope m   | 4.0803  | 4.0803 | 9.474   | 6.6773  | 38.237  | 4.7527  | 0.7303  |
|                       | r         | 0.4667  | 0.4667 | 0.5217  | 0.4815  | 0.4494  | 0.5061  | 0.4914  |
| At sensor reflectance | slope m   | 0.0036  | 0.0049 | 0.0124  | 0.0103  | 0.0968  | 0.0484  | 0.0221  |
|                       | r         | 0.1229  | 0.4667 | 0.5217  | 0.4815  | 0.4494  | 0.5061  | 0.4913  |
| Atmosferik            | slope m   | 0.0036  | 0.0049 | 0.0124  | 0.0103  | 0.0968  | 0.0484  | 0.0221  |
|                       | r         | 0.1229  | 0.467  | 0.5216  | 0.4814  | 0.4494  | 0.5061  | 0.4913  |
| Koreksi C             | slope m   | 2E-02   | 2E-02  | -0.0002 | -0.0003 | -0.0023 | -0.0016 | -0.0008 |
|                       | r         | 0.002   | 0.002  | 0.0004  | 0.0141  | 0.01    | 0.0173  | 0.0173  |
| SCS + C               | slope m   | 0.0003  | 0.0004 | 0.0007  | 0.0005  | 0.0047  | 0.0021  | 0.0009  |
|                       | r         | 0.0311  | 0.04   | 0.03    | 0.0282  | 0.0264  | 0.0244  | 0.0223  |
| Minnaert              | slope m   | -0.0001 | 0.0002 | 0.0009  | 0.0015  | 0.0307  | -0.0009 | 0.0006  |
|                       | r         | 0.0141  | 0.02   | 0.036   | 0.07    | 0.162   | 0.0089  | 0.0141  |
| Minnaert + SCS        | slope m   | 3E-09   | 8E-08  | 3E-07   | 4E-07   | 3E-06   | 7E-07   | 4E-07   |
|                       | r         | 0.003   | 0.05   | 0.0787  | 0.115   | 0.176   | 0.0435  | 0.0624  |
| VECA                  | slope m   | 9E-06   | 9E-06  | -0.0003 | -0.0004 | -0.0025 | -0.0018 | -0.001  |
|                       | r         | 0.0008  | 0.0007 | 0.01    | 0.0141  | 0.0141  | 0.0173  | 0.0173  |

Berdasarkan tabel 5. Citra yang belum dikoreksi topografi , yaitu nilai asli perekaman (DN), koreksi at sensor radiance (RD), koreksi at sensor reflectance (RF), dan koreksi Atmosferik (ATM) memiliki nilai korelasi r yang tinggi pada setiap saluran. Nilai r tersebut menunjukkan topografi wilayah memiliki pengaruh terhadap nilai piksel citra dan perlu untuk dilakukan koreksi topografi. Hasil korelasi setelah dikoreksi topografi (C, Minnaert, SCS +C, Minnaert + SCS, dan VECA) menunjukkan adanya penurunan nilai r yang cukup signifikan, yang berarti bahwa pengaruh lokasi dan kondisi topografi wilayah kajian terhadap nilai piksel sudah hilang, sehingga pantulan objek yang sama pada lokasi yang berbeda dapat memiliki nilai yang sama.

pengaruh secara visual statistik citra dapat dilihat pada gambar 1. scatterplot regeresi antara incident angle dan nilai piksel citra.



Gambar 1. Scatterplots dan garis regresi linier antara incident angle dan nilai piksel pada setiap level koreksi

Tabel 6. Koefisien korelasi (r) dan slope (m) antara incident angle dan DN, At sensor radiance, At sensor reflectance, Atmosferik, dan Koreksi Topografi

| Model          | statistik | RVI    | NDVI   | SAVI   | ARVI    | EVI    |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|---------|--------|
| DN             | slope m   | 0.7808 | 0.1594 | 0.3188 | 0.1073  | -      |
|                | r         | 0.4478 | 0.4601 | 0.4601 | 0.3782  | -      |
| Radian         | slope m   | 1.1503 | 0.1073 | -      | -       | -      |
|                | r         | 0.2769 | 0.2925 | -      | -       | -      |
| Reflektan      | slope m   | 1.8797 | 0.0802 | 0.1308 | -       | 0.1878 |
|                | r         | 0.2769 | 0.2925 | 0.4794 | -       | 0.4698 |
| Atmosferik     | slope m   | 0.5398 | 0.0023 | 0.1306 | -0.0647 | 0.1624 |
|                | r         | 0.0547 | 0.0141 | 0.4791 | 0.2565  | 0.4711 |
| Koreksi C      | slope m   | 1.4208 | 0.0176 | 0.0054 | 0.0137  | 0.0084 |
|                | r         | 0.1428 | 0.1029 | 0.02   | 0.0565  | 0.0077 |
| SCS + C        | slope m   | 1.3674 | 0.0162 | 0.0154 | 0.0061  | 0.0204 |
|                | r         | 0.1367 | 0.0953 | 0.0616 | 0.0244  | 0.064  |
| Minnaert       | slope m   | 2.1094 | 0.0315 | 0.0453 | 0.0164  | 0.0573 |
|                | r         | 0.2097 | 0.17   | 0.1691 | 0.0616  | 0.1708 |
| Minnaert + SCS | slope m   | 2.1007 | 0.0286 | 0.0462 | 0.0091  | 0.0585 |
|                | r         | 0.2097 | 0.1596 | 0.1849 | 0.036   | 0.1854 |
| VECA           | slope m   | 1.1043 | 0.0216 | 0.0051 | 0.018   | 0.0083 |
|                | r         | 0.1428 | 0.1039 | 0.02   | 0.0616  | 0.0264 |

Berdasarkan tabel 6. secara keseluruhan analisis dapat dibagi menjadi tiga kelompok indeks vegetasi, yaitu indeks vegetasi yang bersifat rasio (RVI dan NDVI), indeks vegetasi bersifat non – rasio (SAVI dan EVI), dan indeks vegetasi semi-rasio (ARVI).

Koreksi topografi pada indeks vegetasi yang bersifat rasio tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan. Tabel 6. menunjukkan indeks vegetasi RVI dan NDVI pada level koreksi atmosferik memiliki nilai korelasi yang lebih kecil daripada setelah dikoreksi topografi. Nilai Koreksi kelompok indeks vegetasi yang bersifat non – rasio (SAVI dan EVI) menunjukkan adanya pengaruh topografi yang cukup signifikan. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai korelasi yang tinggi pada level koreksi atmosferik dan at sensor reflectance dengan nilai korelasi lebih dari 0.4, sedangkan setelah dilakukan koreksi topografi nilai korelasi menjadi rendah. Nilai korelasi ARVI pada level koreksi atmosferik menunjukkan pengaruh topografi yang tidak sebesar indeks vegetasi non – rasio dan tidak terlalu kecil seperti indeks vegetasi rasio. Tetapi tetap ada pengurangan pengaruh topografi setelah dikoreksi topografi.

Analisis setelah pembuatan model biomassa melalui regresi adalah uji akurasi hasil pemodelan biomassa, dimana sebagai tolak ukur untuk mengetahui tingkat ketelitian model biomassa.

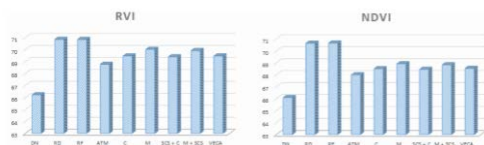
Tabel 7. Nilai Uji Akurasi DN

| Level Koreksi | RVI      |       | NDVI     |       | ARVI     |       | SAVI     |       | EVI      |       |
|---------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
|               | %AKURASI | r     | %AKURASI | r     | %AKURASI | r     | %AKURASI | r     | %AKURASI | r     |
| DN            | 66.09    | 0.712 | 66.217   | 0.718 | 71.296   | 0.741 | 66.089   | 0.718 | -        | -     |
| RD            | 70.63    | 0.687 | 70.838   | 0.690 | -        | -     | -        | -     | -        | -     |
| RF            | 70.65    | 0.687 | 70.853   | 0.690 | -        | -     | 64.011   | 0.705 | 65.194   | 0.713 |
| ARVI          | 67.99    | 0.524 | 68.770   | 0.496 | 66.210   | 0.377 | 64.026   | 0.705 | 64.926   | 0.711 |
| C             | 68.50    | 0.541 | 69.466   | 0.513 | 69.434   | 0.453 | 65.481   | 0.692 | 66.424   | 0.697 |
| SA            | 68.92    | 0.550 | 70.017   | 0.524 | 69.144   | 0.441 | 67.512   | 0.663 | 68.435   | 0.667 |
| SCS + C       | 68.45    | 0.542 | 69.401   | 0.513 | 69.278   | 0.450 | 66.459   | 0.664 | 67.308   | 0.670 |
| SA + SCS      | 68.83    | 0.552 | 69.917   | 0.525 | 68.890   | 0.434 | 67.656   | 0.644 | 68.422   | 0.648 |
| VECA          | 68.53    | 0.541 | 69.466   | 0.514 | 69.551   | 0.457 | 66.495   | 0.698 | 67.177   | 0.700 |

. Secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan tabel 7. untuk menganalisis akurasi

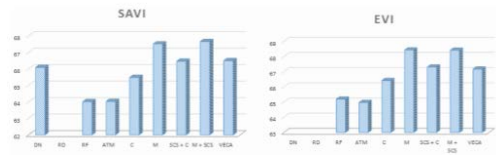


indeks vegetasi berdasarkan level koreksi, yaitu indeks vegetasi rasio (RVI dan NDVI), semi rasio (ARVI), dan non – rasio (SAVI dan EVI). Hipotesis awal dalam penelitian ini adalah koreksi topografi dapat meningkatkan tingkat akurasi indeks vegetasi dalam estimasi biomassa sebesar 5% pada tingkat signifikasni 95%. Indeks vegetasi rasio berdasarkan tabel 7. menunjukkan hipotesis awal dalam penelitian ini ditolak. Koreksi topografi pada indeks vegetasi rasio tidak mampu menaikkan nilai akurasi dan cenderung memiliki nilai yang lebih rendah atau sama, seperti ditunjukkan nilai akurasi koreksi radian dan reflektan memiliki nilai yang lebih tinggi (70,00 %) daripada semua koreksi topografi (68,00 % – 70,00 %). Lebih jelas dapat dilihat pada grafik di bawah.



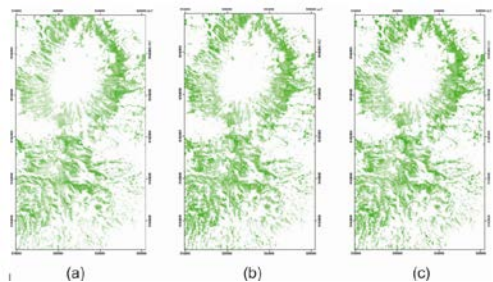
Gambar 2. Grafik variasi nilai Akurasi model biomassa yang dihasilkan menggunakan beberapa level koreksi radiometrik pada indeks vegetasi RVI dan NDVI

Hasil uji akurasi indeks vegetasi non – rasio berdasarkan tabel 7. menunjukkan bahwa hipotesis awal yang menyatakan ada peningkatan akurasi sebesar 5% pada signifikansi 95% tidak terpenuhi. Nilai akurasi indeks vegetasi rasio seperti terlihat pada gambar 3. menunjukkan adanya peningkatan nilai akurasi setelah dilakukan koreksi topografi.



Gambar 3. Grafik variasi nilai Akurasi model biomassa yang dihasilkan menggunakan beberapa level koreksi radiometrik pada indeks vegetasi SAVI dan EVI

Penolakan hipotesis awal disebabkan karena hasil peningkatan nilai akurasi indeks vegetasi non – rasio tidak mampu mencapai 5%, hanya berkisar 1,45 % untuk koreksi C; 3,45% untuk koreksi Minnaert dan Minnaert + SCS; 2,33 untuk SCS + C dan VECA. Gambar 4. merupakan biomassa hasil pemodelan EVI dari berbagai jenis koreksi radiometri, dimana merupakan indeks vegetasi dengan nilai akurasi paling pada indeks vegetasi non – rasio

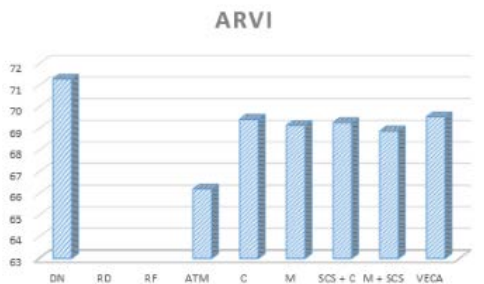


Gambar 4. Persebaran biomassa hasil pemodelan indeks vegetasi EVI melalui a) koreksi Atmosferik, b) SCS+C, dan c) M + SCS

Hipotesis awal yang menyatakan ada peningkatan akurasi sebesar 5% pada signifikansi 95% tidak terpenuhi pada indeks vegetasi semi rasio. Hasil indeks vegetasi semi rasio berdasarkan tabel 7. menunjukkan nilai akurasi tertinggi dimiliki oleh DN, sedangkan koreksi atmosferik dan topografi memiliki nilai lebih rendah.



Koreksi topografi meskipun mengalami kenaikan akurasi dari koreksi atmosferik tetapi hanya sebesar 3,30%.



Gambar 5.31. Grafik variasi nilai Akurasi model biomassa yang dihasilkan menggunakan beberapa level koreksi radiometri pada indeks vegetasi ARVI

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Koreksi topografi C, Minnaert, SCS + C, Minnaert + SCS, dan VECA mampu menghilangkan pengaruh topografi secara pada setiap saluran citra ditunjukkan melalui grafik kurva fit regresi dan nilai korelasi antara incident angle dan nilai piksel citra koreksi topografi lebih rendah daripada sebelum dikoreksi topografi. Sedangkan Koreksi topografi C, Minnaert, SCS + C, Minnaert + SCS, dan VECA tidak mampu menghilangkan pengaruh topografi pada indeks vegetasi rasio dan berlaku sebaliknya. Pengaruh topografi pada indeks vegetasi non – rasio yang signifikan mampu diminimalisir dengan koreksi topografi. Indeks vegetasi semi rasio memiliki pengaruh topografi yang tidak terlalu signifikan,

meskipun begitu koreksi topografi mampu menekan pengaruh topografi tersebut. Pada tahap analisis uji akurasi, Hipotesis awal penelitian ditolak karena koreksi topografi tidak mampu meningkatkan akurasi biomassa tegakan di atas permukaan tanah sebesar 5% pada tingkat signifikansi 95% pada seluruh indeks vegetasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dymond, J.R., dan Shepherherd, J.D. 1999. Correction of Topographic Effect in Remote Sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.*, vol. 37, pp.2618-2620.
- Ediriweera, S., Pathirana, S., Danaher, T., Nichols, D., dan Moffiet, Trevor.2013. Evaluation of Different Topographic Correction for Landsat TM Data by Prediction of Foliage Projective Cover (FPC) in Topographically Complex Landscapes. *Remote Sens.*, vol 5, pp. 676-6789
- Gao, Y., dan Zhang, W. 2009. LULC Classification and Topographic Correction of Landsat-7 ETM+ Imagery in the Yangjia River Watershed : the Influence of DEM Resolution. *Sensor.*, vol. 9, pp. 1980-1995.
- Hugli, H., dan Frei, W. 1983. Understanding Anisotropic Reflectance in Mountainous Terrain., *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, vol 49, pp. 671-683.

- Jensen, J.R. 2013. *Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall
- Lee, N.J., dan Nakane K.2008. Forest vegetation Classification and biomass Estimation based on Landsat TM in Mountainous Region of West Japan. *Forestry Sciences.*, 50, pp. 159-171.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Hoboken, NJ : Wiley
- Mather, P.M dan Tso, B.2009. *Classification Method for Remotely Sensed Data (Second Edition)*. Boca Raton : CRC Press
- Peddle, D.R., Teillet, T.M., dan Wulder, M.A. 2003. Radiometric Image Processing. Halaman 181-208 (chapter 7) dalam M.A. Wulder and S.E. Franklin, editors. *Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies*. Boston : Kluwer Academic Publishers
- Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Bogor : Wetland Internasional Program